Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

Tikrit Journal of Administrative And Economics Sciences
مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية
PISSN: 1813-1719
EISSN: 1813-1813

Dynamic cellular manufacturing system design using genetic algorithm: a proposed model A case study in the Light Industries Company-Ashtar in Baghdad

Lecturer: Eman Ahmad Saleh
ALdour Technical Institute
Northern Technical University
eman1999eee@gmail.com

Prof. Dr. Adel Thaker Al-Nima
College of Administration and Economics
University of Mosul
adelalnema@yahoo.com

Abstract

The current research seeks to present a proposed model for the design of a dynamic cellular manufacturing system in the Light Industries Company/Ashtar in Baghdad, one of the Iraqi industrial companies. With the aim of generating an industrial environment capable of accommodating rapid changes in the market to meet the changing and diverse needs and desires of the customer at the lowest possible cost, at the right time and the required quality. To achieve the current research relied on the methods of artificial intelligence, employing them and benefiting from them in the industrial field, especially the genetic algorithm. Accordingly, the current research included a theoretical framework for the dynamic cellular manufacturing system and the genetic algorithm, in light of what was mentioned in the Arab and foreign sources related to them. The research also adopted a field framework to design this system in the researched company using the genetic algorithm, and the researchers chose the freezers and models labs as a field for study, and in light of the results of the programming language program (MATLAB). It was reached to build a proposed model that reflects the virtual reality of this system. On the basis of that, the research reached a set of conclusions, the most important of which is the genetic algorithm that contributed significantly and effectively to finding the optimal cellular path for the dynamic cellular manufacturing system and reducing both the total time and the total cost of production. In light of this a set of proposals were presented showing the importance of shifting from the existing cellular manufacturing system in the field of study to the dynamic cellular manufacturing system.

Keywords: Dynamic cellular manufacturing system (DCMS), genetic algorithm (GA).

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

تصميم نظام التصنيع الخلوي الديناميكي باستخدام الخوارزمية الجينية: نموذج مقترح
دراسة حالة في شركة الصناعات الخفيفة – عشتار في بغداد

م. ايمان أحمد صالح
المعهد التقني الدور
الجامعة التقنية الشمالية

أ.د. عادل ذاكر النعمة
كلية الادارة والاقتصاد
جامعة الموصل

المستخلص:

يسعى البحث الحالي إلى تقديم أنموذج مقترح لتصميم نظام التصنيع الخلوي الديناميكي في شركة الصناعات الخفيفة/عشتار في بغداد إحدى الشركات الصناعية العراقية بهدف توليد بيئة صناعية قادرة على استيعاب التغيرات السريعة في السوق لتلبية حاجات ورغبات الزبون المتغيرة والمتنوعة بأقل كلفة ممكنة وبالوقت المناسب والجودة المطلوبة، ولتحقيق ذلك اعتمد البحث الحالي على أساليب الذكاء الصناعي وتوظيفها والاستفادة منها في المجال الصناعي ولا سيما الخوارزمية الجينية منها، وعليه تضمن البحث الحالي إطاراً نظرياً لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي والخوارزمية الجينية، في ضوء ما جاء بالمصادر العربية والأجنبية ذات العلاقة بهما، كما اعتمد البحث إطاراً ميدانياً لتصميم هذا النظام في الشركة المبحوثة باستخدام الخوارزمية الجينية، وأختار الباحثان معملي المجمدات والعارضات ميداناً للدراسة، وفي ضوء نتائج برنامج اللغة البرمجية (MATLAB) تم التوصل لبناء أنموذج مقترح يعكس الواقع الافتراضي لهذا النظام، وعلى أساس ذلك توصل البحث إلى مجموعة استنتاجات أهمها أسهمت الخوارزمية الجينية بشكل كبير وفعال في ايجاد المسار الخلوي الأمثل وتقليل كل من الوقت الكلي والكلفة الكلية للإنتاج، وفي ضوء ذلك تم تقديم مجموعة من المقترحات تبين أهمية التحول من نظام التصنيع الخلوي القائم في ميدان الدراسة إلى نظام التصنيع الخلوي الديناميكي.

الكلمات المفتاحية: نظام التصنيع الخلوي الديناميكي، الخوارزمية الجينية.

المقدمة

تواجه المنظمات الصناعية اليوم تغييرات كبيرة سريعة ومتنوعة بحاجات ورغبات الزبائن فضلاً عن قصر دورة حياة السلعة والتي جعلت البيئة التي تعمل بوسطها هذه المنظمات تتميز بديناميكيتها وسرعة تغيرها، إذ تشكلت هذه التغيرات عوائق نحو بقائها ونموها وتطورها، لذا فقد انصب اهتمام الباحثين والصناعيين على حد سواء باتجاه البحث عن تقنيات تصنيع قادرة على تكييف نظم وخطوط الانتاج والتجميع لها لتكون أكثر مرونة بهدف تأمين تنويع واسع من تشكيلة المنتجات المقدمة لمواجهة طلبات السوق المتغيرة والمتنوعة والسريعة، فقد دعت العديد من الجهود البحثية إلى ضرورة تفعيل العمل بتقنيات تصنيع متقدمة ومنها نظام التصنيع الخلوي الديناميكي (DCMS) لمعالجة المشكلات سالفة الذكر باعتماد أحد اساليب الذكاء الاصطناعي وهي الخوارزمية الجينية، ومن هذا المنطلق فسيتعامل البحث الحالي في معالجاته مع هذا التوجه ضمن الواقع الحالي للصناعة العراقية متمثلة بشركة الصناعات الخفيفة- عشتار، وعلى وفق هذه الصورة تمت تغطية البحث الحالي من خلال أربعة محاور، قدم الاول منهجية البحث، وعرض الثاني

الاطار النظري للبحث، في حين تضمن الثالث الاطار الميداني للبحث، أما الرابع والأخير فقد تضمن الاستنتاجات والتوصيات.

المحور الأول: منهجية البحث

أولاً. مشكلة الدراسة: في ظل البيئة الديناميكية الحالية والأسواق غير المتجانسة التي تعمل فيها الشركات الصناعية على المستوى العالمي بشكل عام ومنها العراقية التي ليست بعيدة عن هذا المجال، الأمر الذي قاد العديد منها السعي للتحول إلى اتجاه جديد لاعتماد نظم تصنيع عالية المرونة ولها قدرة كبيرة على التكيف للاستجابة للتحديات التي ولدتها التطورات المتتالية للتكنولوجيا ونظم التصنيع الحديثة ومن هذا المنطلق سعى العديد من الباحثين أمثال (Ferrari & Corinna, 2018) و(Mehdizadeh & Niaki, 2020) باتجاه المساهمة الجادة لتطوير تصاميم النظم التصنيعية الحالية للشركات الصناعية بغية تعزيز موقفها التنافسي والنجاح في تنفيذ مهامها لتحقيق أهدافها وموائمة عملياتها وانظمتها الصناعية مع تلك التحولات، ويعد نظام التصنيع الخلوي الديناميكي أحد المداخل المتقدمة التي عالجت مشكلة التنوع الحاصل في طلبات الزبائن وحاجاتهم المتغيرة والاستجابة لها، وعليه تكمن مشكلة البحث الحالي من خلال إثارة السؤال الرئيس (هل يمثل تصميم نظام تصنيع خلوي ديناميكي مقترح للشركة المبحوثة سبيلاً يساعدها في (تقليل الوقت الفاقد خلال عملية الإنتاج، خفض التكاليف الاجمالية، تنظيم استخدام الموارد) بشكل يحقق أهداف الشركة بكفاءة وفاعلية ؟) والذي تتفرع عنه الأسئلة الآتية:

1. هل تمتلك الشركة المبحوثة مستوى مناسب من مقومات اعتماد نظام التصنيع الخلوي الديناميكي؟
2. كيف يتم تصميم نموذج مقترح لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي باستخدام الخوارزمية الجينة؟

ثانياً. أهمية البحث: تتركز أهمية البحث الحالي بشكل أساس في التحري والبحث ضمن الإطار النظري والميداني الذي اعتمده باتجاه بلورة فكرة تكوين نموذج لـ (DCMS) باستخدام الخوارزمية الجينية محاولةً تقديم تصور واضح عن أهمية هذه المواضيع، وعليه تكمن أهمية البحث في (بيان اهمية تطبيق (DCMS) في الشركة المبحوثة وتوضيح خطوات تطبيقه من خلال النموذج المقترح).

ثالثاً. أهداف البحث: في ضوء المشكلة والأهمية يسعى البحث الحالي إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. اختبار فاعلية الخوارزمية الجينية في معالجة المشكلات الصناعية وتوضيح آلية عملها في ظل نظام (DCMS) في ضوء محاكاة الواقع الحالي لمحور اهتمام البحث الحالي التي سيقدمها الأنموذج المقترح لها في الشركة المبحوثة.
2. التعرف على المشاكل التي تواجه منها الخطوط الانتاجية تحديداً في الشركة المبحوثة، فضلا عن أشكال الترتيب الداخلي الحالي للمراحل الانتاجية في تلك الخطوط لغرض إعادة ترتيبها وتشكيلها ضمن أنموذج مقترح يعكس الواقع الافتراضي لنظام (DCMS) باستخدام الخوارزمية الجينية.

رابعاً. فرضية البحث: في ضوء مشكلة وأهداف البحث الحالي يمكن صياغة الفرضية الرئيسة الآتية: (يسهم الأنموذج المقترح لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي في تقليل الوقت الفاقد خلال عملية الإنتاج، خفض التكاليف الاجمالية، تنظيم استخدام الموارد بشكل يحقق أهداف الشركة بكفاءة وفاعلية).

خامساً. حدود الدراسة: تحدد **المجال المكاني** للبحث في شركة الصناعات الخفيفة/عشتار وتحديداً معملي المجمدات والعارضات، وغطت **حدوده الزمانية** الفترة 2022/3/7 ولغاية 2022/3/16

لإنجاز اطاريه النظري والميداني، أما حدوده البشرية فتمثلت بالعاملين في مقر الشركة ومعاملها منهم (مدير مفوض، معاون المدير المفوض، مدراء البحث والتطوير، مسؤولي قسم الموارد المالية والتكاليف، مدراء معامل (المجمدات والعارضات)، المسؤولين عن شعبة الانتاج، مشرفي خطوط الانتاج).

سادساً. وصف ميدان البحث: يعد التعرف على ميدان البحث ضرورة اساسية لأي دراسة ميدانية، وقد اختار الباحثان (شركة الصناعات الخفيفة/عشتار) ميداناً لهما بعدَّها من الشركات الصناعية العراقية العريقة التي رسخت علامتها التجارية (عشتار) في أذهان كل من استخدم منتجاتها لما تتمتع به من جودة عالية، وتمثل مجتمع الدراسة الحالية بمعملي (المجمدات والعارضات) من معاملها، وأما عينتها فاشتملت على عينة قصدية تمثلت بالمنتجات (المجمدة والعارضة الأفقية) من منتجاتها.

سابعاً. منهج البحث: اعتمد البحث الحالي على منهج دراسة الحالة من خلال التركيز على تشخيص الواقع ودراسة حالته بالتفصيل في ضوء ما أشرته معالجة الباحثين لواقع عمليات الانتاج فيها من خلال زياراتهم خلال الفترة (2022/3/9) ولغاية (2022/3/15)، والاستفسار منهم حول ما تواجهه الشركة من مشكلات قد تعيق الشروع بتطبيق النظام المقترح، ومحاولة إيجاد طرق وأساليب يمكن اعتمادها مستقبلاً في معالجة تلك المشاكل من بينها اقتراح تصميم نظام برمجي فرضي يحاكي الواقع الحالي من جهة ويقترح حلول منطقية لمشكلة البحث الحالي سبق الاشارة اليها من جهة ثانية وبما يمكن الشركة من اعتمادها في حالة توفر مقومات ذلك، وذلك بهدف التوصل إلى نتائج تخدم الشركة المبحوثة.

ثامناً. أدوات جمع البيانات والمعلومات: من أجل تحقيق أهداف البحث والحصول على البيانات والمعلومات اللازمة فقد اعتمد الباحثان إلى العديد من الأدوات لتغطية موضوعهما بجانبيه النظري والميداني وكما يأتي:

1. **الجانب النظري:** من أجل تغطية الجانب النظري تم الاعتماد على مجموعة من المراجع والأدبيات الأجنبية والعربية من الكتب والبحوث والدوريات ووقائع المؤتمرات والدراسات المنجزة، فضلاً عما توافر في شبكة الأنترنيت من مصادر ذات الصلة بموضوع الدراسة.
2. **الجانب الميداني:** اعتمدت الدراسة الحالية على أدوات عديدة للحصول على البيانات ذات الصلة بالجانب الميداني للدراسة والمتمثلة بـ (المقابلات الشخصية، الزيارات الميدانية والملاحظة الشخصية، سجلات الشركة).

تاسعاً. أساليب تحليل بيانات ومعلومات البحث: اعتمد البحث على الخوارزمية الجينية إحدى أساليب الذكاء الاصطناعي في بناء الانموذج المقترح للبحث وتحليل النتائج له، باستخدام اللغة البرمجية (MATLAB)، إذ تعد الخوارزمية الجينية من تقنيات وأدوات التحسين القوية والمستوحاة من مبادئ الانتقاء الطبيعي للكروموسومات الأفضل وتجاهل البقية، وقد طبقت هذه الأداة في مجالات عديدة ومختلفة نظراً لنجاحها في العديد من مشكلات التحسين المعقدة، وهذا ما دفع البحث الحالي لاختيار هذه الأداة لتصميم نظام التصنيع الخلوي الديناميكي بواسطتها.

المحور الثاني: الإطار النظري

يسعى هذا المحور لتقديم عرضاً معرفياً عن موضوعات البحث وبما يتناسب مع أهدافه ومضـامينه، وكما يأتي:

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

أولاً. نظام التصنيع الخلوي الديناميكي: المفهوم والمراحل:

1. **المفهوم:** الأدبيات التي تناولت هذا المفهوم أشرت ان هناك تبايناً لآراء الكتاب والباحثين إزاءه، والجدول رقم (1) يقدم عرضاً لوجهات نظر عدد من هؤلاء الكتاب والباحثين وكما يأتي:

الجدول (1): وجهات نظر عدد من الكتاب والباحثين ازاء مفهوم (DCMS)

ت	الباحث، السنة: الصفحة	المفهوم
1	Paydar & Kia, 2013: 117-118	هو خلايا تصنيع تراعي التغييرات المتوقعة في مزيج المنتجات والطلب عليها، من خلال النظر في أفق تخطيط متعدد الفترات بحيث يكون لكل فترة مزيج منتجات ومتطلبات مختلفة خاصة بها.
2	Nouri Houshyar et al., 2014: 1-2	يعد بمثابة فكرة إنتاج جيدة لتنظيم الإنتاج بالدفعات من أجل تحقيق إنتاجية أفضل.
3	Gürsel, 2018: 14	هو النظام الذي تتوافق متطلباته مع متطلبات نظام اعادة التشكيل خاصة فيما يتعلق بإعادة الترتيب و/أو تغيير الآلات.
4	Khamlichi & Dkiouak, 2020: 162809	يمثل حالة إنتاج ديناميكية تدمج تغييرات طلب الزبون مع العملية التصنيعية من خلال إعادة تكوين الخلايا خلال فترات متتالية.
5	Shafiee-Gol, et al., 2021: 1-2	تقنية تصنيع تساعد المنظمات على تحسين مرونة التصنيع والإنتاجية من خلال الاستخدام الأقصى للموارد المتاحة، وتعزيز المرونة وتقليل تكاليف الإعداد والمعالجة والمخزون وتحسين تخطيط المصانع، مما يؤدي إلى توفير الجهد والمال.

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على المصادر الواردة فيه.

من الجدول رقم (1) يلاحظ أن أغلب وجهات النظر المقدمة فيه تشير إلى أن (DCMS) هو مفهوم جاء للتغلب على عيوب (CMS)، إذ يعمل في ظل ظروف ديناميكية تواجهها العملية الانتاجية اليوم نظراً لدورة حياة المنتج القصيرة، وتنوع الإنتاج العالي، والطلب غير المتوقع، ووقت التسليم القصير، إذ يختلف مزيج المنتج والطلب في كل فترة، عليه ولتلبية ذلك يقوم (DCMS) بإعادة تشكيل وتكوين الخلايا في (CMS) من فترة إلى أخرى، لأن الخلايا المثلى التي تشكلت في فترة ما قد لا تكون مثالية للفترات الأخرى، فإعادة التكوين هذه هي إعادة ترتيب الآلات الحالية عبر الخلايا (نقل الآلة)، واستبعاد الآلات الحالية، أو إضافة آلات جديدة، من أجل الحفاظ على التوازن بين تكاليف الإنتاج ونفقات الاستعانة بمصادر خارجية، وذلك لجعل نظام الإنتاج يتمتع بمستوى عالٍ من المرونة والرشاقة وتحسين جودة المنتجات وتسليمها بالوقت المحدد.

2. **مراحل التطبيق:** يتم تطبيق نظام التصنيع الخلوي الديناميكي من خلال أربع مراحل أساسية اتفق عليها أغلب الباحثين ذوي الأهتمام بهذا النظام أمثال (Sharma, & Gidwani, 2020: 1-8) و(Amulothu, et al., 2020: 677)، و(Sadeghi, et al., 2020: 106282) و(Mehdizadeh & Niaki, 2020: 2-4) ونقدم فيما يأتي عرضاً مختصراً لمضامينها:

المرحلة الأولى: تشكيل وتكوين الخلية (CF): وتمثل هذه المرحلة نقطة البداية في تنفيذ التصنيع الخلوي ازاء تقسيم العناصر المختلفة للمنتج التي تنتجها الشركة إلى عدد من مجموعات الأجزاء أو العائلات، وعملية التجميع هذه تعرف بـ (تكنولوجيا المجاميع (GT)) إذ يتم تحديد العناصر ذات أوجه التشابه في خصائص التصميم أو خصائص التصنيع وتجميعها في مجموعات جزئية، وتشمل خصائص التصميم الحجم والشكل والوظيفة، وتعتمد خصائص التصنيع أو خصائص العملية على

نوع وتسلسل العمليات المطلوبة، وبمجرد تحديدها يمكن تصنيف العناصر المتشابهة إلى عائلات، ثم يتم تطوير نظام يسهل الاسترجاع من قاعدة بيانات التصميم والتصنيع، فمثلاً يمكن استخدام هذا النظام لتحديد ما إذا كان هناك جزء مماثل أو مشابه موجود قبل تصميم جزء جديد تماماً، فإذا تم العثور على الجزء المشابه له فقد يؤدي التعديل البسيط إلى نتائج مرضية دون حساب تصميم الجزء الجديد، وبالمثل فإن التخطيط لتصنيع جزء جديد بعد مطابقته مع عائلة الأجزاء الحالية يمكن أن يلغي متطلبات المعالجة الجديدة والمكلفة (Sharifi, 2012: 12-13).

المرحلة الثانية: تخطيط المجموعة (ترتيب المجموعة) (GL): في هذه المرحلة يتم تحديد التصميم والترتيب الذي يتضمن تخطيط الخلايا، وكذلك تخطيط الآلات داخل كل خلية مع تحديد نوع تخطيط الخلية، وكيفية وضع الآلات والتسهيلات المادية المساعدة في الخلايا، فمن أجل إدخال (DCMS)، من الضروري أولاً تحديد الأجزاء وأنواع الآلات التي يجب أخذها في الاعتبار في التكوين الخلوي، وتختلف هذه العملية عن ما إذا كان يتم إنشاء الخلايا عن طريق إعادة ترتيب المعدات الموجودة على الخطوط الانتاجية في المصنع أو ما إذا كان يتم الحصول على معدات جديدة للخلايا، وعند تصميم خلايا (DCMS) للعمل بمعدات جديدة تماماً لابد أن تشتمل على أشكال مختلفة من الأتمتة المرنة (Özkan, 2010: 11)

المرحلة الثالثة: جدولة المجموعة (GS): يُطلق على جدولة الإنتاج المرتبطة بالتصنيع الخلوي اسم (جدولة المجموعة) (GS) فبعدما يتم تنفيذ المرحلة الأولى (تكوين أو تشكيل الخلية) تتم معالجة مجموعة من الأجزاء (الوظائف) المخصصة للخلية بشكل عام على مجموعة من الأجهزة المخصصة لخلية مماثلة (Dhayef, 2016: 2)، إذ تدور هذه المرحلة حول جدولة العملية على كل آلة أو معدة داخل الخلية، فهي تتضمن جدولة الأجزاء وعائلات الأجزاء للإنتاج، وهي بهذا تعد كرقابة داخلية لجميع الوظائف داخل الخلية.

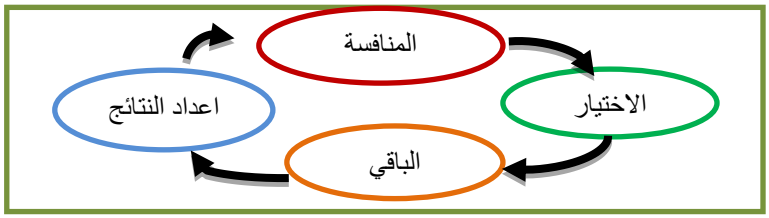
المرحلة الرابعة: تخصيص الموارد (RA): تتمثل هذه المرحلة في تخصص الموارد اللازمة التي تحتاجها العملية الانتاجية داخل خلية التصنيع مثل (القوى العاملة، الأدوات، المواد المستخدمة، الآلات، المعدات) لتكوين عائلة من الأجزاء تتمتع ببعض المزايا مثل تقليل (فترة الأعداد، تكلفة مناولة المواد، قوائم الجرد الخاصة بالعمل، اوقات الإنتاجية، تكلفة الإنتاج الاجمالية)، مع الإشارة الى ان بعض المنظمات تقوم بأنشاء خلايا من خلال تخصيص الآلة لمجموعة عائلة، ولكن لا يتم وضع الآلات بصورة منفصلة، وبالتالي يتم استخدام الخلايا الافتراضية، وبسبب البيئة التنافسية المتزايدة تحتاج الشركات الى المرونة والكفاءة في وقت واحد فيما يتعلق بالتغييرات الدورية في مستوى الطلب على المنتجات، اذ ان تكوين الخلية قد لا يكون فعال للفترة القادمة، وربما نحتاج الى اعادة تكوين الخلية من فترة الى اخرى وهو ما يعرف بنظام التصنيع الخلوي الديناميكي، وعليه تتعلق هذه المرحلة بتخصيص الموارد للمكان المناسب والأدوات والعاملين والمواد للاستفادة من جميع الأصول بشكل كامل (Ísaksdóttir & Reynisdóttir, 2016: 19-22).

مما تقدم يمكن القول، إن أساس التحول إلى (DCMS) يعتمد أساساً على اعادة تشكيل وتكوين الخلية (المرحلة الاولى) في كل فترة يتغير فيها الطلب على المنتج لمواكبة التطورات الحاصلة في البيئة التنافسية المحيطة بالمنظمات الصناعية، ولتتوالى وتتعاقب مجموعة مراحل بعد تلك المرحلة لاستكمال عملية التحول المذكورة من خلال مجموعة مهام تشكل وظائفاً أو أهدافاً لكل مرحلة.

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

ثانياً. الخوارزمية الجينية: المفهوم والخطوات:

1. **مفهوم الخوارزمية الجينية:** هي أحد طرائق الخوارزميات التطورية (Evaluation Algorithm) التي تقوم على أساس تقليد عمل الطبيعة من منظور نظرية التطور لدارون (Drown) الذي ينص على أن الكائنات الحية لابد أن تتنافس وتتفاعل للتكيف مع الظروف المحيطة بها وإلا فإنها معرضة للانقراض كما أن الطفرة الوراثية التي تحدث نتيجة هذا التفاعل بين الكائنات تساعد على نقل الجينات عبر الاجيال، وبالنتيجة فان الكائنات القوية هي التي تسود بينما الكائنات الضعيفة سوف تنقرض وفق هذا المنظور وكما موضح في الشكل رقم (1)



الشكل (1): انموذج دارون

Source: Goldberg, David E., (1976), Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley publishing company, Inc., ALABAMA, p.p 2.

وقد أخذت (GA) تشغل حيزاً كبيراً من اهتمامات الكتاب والباحثين وقدمت وجهات نظر عدة حول مفهومها والجدول رقم (2) يبين ما اتيح للباحثين من تلك المفاهيم:

الجدول (2): وجهات نظر عدد من الكتاب والباحثين حول مفهوم (GA)

ت	الكاتب/ السنة/ الصفحة	المفهوم
١	ثابت، ٢٠١٢: ٣٠٨	طريقة بحث ذكية تستخدم لإيجاد الحلول مثلى للمسائل التي تتطلب وقتا طويلا لحلها، بالاعتماد على تقنيات مستوحاة من التطورات الطبيعية للأجيال في الكائنات الحية التي تقوم على تطور الأجيال واختيار الافضل من بين الافراد لكل جيل.
٢	Mustfa & Hashim, 2012: 61	تقنية تحسين عالمية تعتمد على آليات الانتقاء الطبيعي والبقاء للأصلح في علم الأحياء الطبيعي.
٣	Guerriche & Bouktir, 2015: 5	احدى تقنيات الذكاء الاصطناعي تختص بالبحث والوصول الى الافضلية بالاعتماد على قانون الطبيعة.
٤	واغد، ٢٠١٧: ٤٥	طريقة تعتمد مبدأ العشوائية في مختلف مراحلها للتوصل الى الحل الأفضل من بين الحلول المتاحة انطلاقاً من حلول مقترحة عشوائياً تخضع الى عمليات تحسين بشكل مكثف ومتتالي وفق معايير محددة وصولاً الى أفضل الحلول المولدة.
٥	محمد، ٢٠١٨: ٢٤٥	إحدى نماذج التحويل ذات العلاقة بتصميم الحل لمشكلة معينة، لأنها يمكن ان تحقق تكامل الوسائل التي تعمل على توليد حلول التصميم مع العمل على ملائمة الحلول البديلة وتحويل الأشكال الهندسية إلى رموز وإجراء عملية التزاوج بينها، للحصول على أشكال جديدة كما في الهندسة الوراثية.

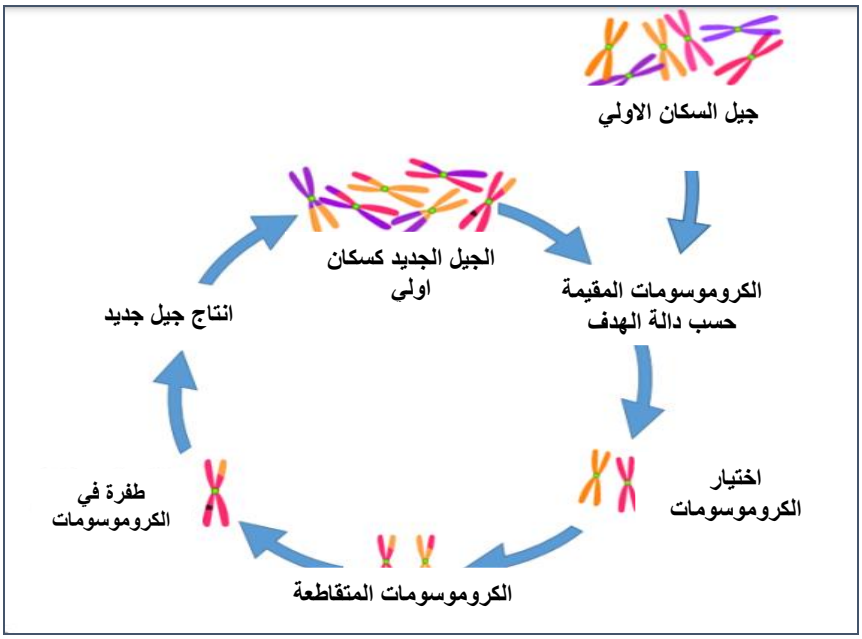
المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على المصادر أعلاه.

تأسيساً على ما تقدم، فان الخوارزمية الجينية طريقة بحث تطورية اصطناعية ترتكز على الاختيار الطبيعي وآليات الوراثة، كما تعد تقنيات بحث عن الحل الأمثل للمسائل في مختلف

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

المجالات بالاعتماد على منطق علم الوراثة، عبر محاكاة لعملية التكاثر بين الكائنات الحية وتوليد اجيال جديدة تمتلك صفات وراثية معينة، وتعتمد بذلك مبدأ الداروني في الانتقاء الطبيعي القائم على أساس الاحتفاظ بالصفات الجيدة في جيل الآباء ونقلها لجيل الأبناء للحصول على جيل قوي يتمتع بصفات أفضل من الأجيال السابقة، كما استعارت مصطلحات وصفات عدة من علم الوراثة مثل (الجيل، الكروموسومات، الوالدين، العبور، والطفرة).

2. **خطوات الخوارزمية الجينية:** هناك عدد من الخطوات الأساسية التي ترتكز عليها الخوارزمية الجينية لصياغة الحل الأمثل لمسائل معينة، وتعد ثابتة للعديد من المسائل المختلفة ولجميع التطبيقات ولكن الاختلاف يكون في صياغة كل خطوة من هذه الخطوات حسب مجال تطبيق هذه المسائل، وتتميز هذه الخطوات بأنها مترابطة فيما بينها ولا يمكن الاستغناء عن أي خطوة منها لأن ذلك يفقد الخوارزمية الجينية قيمتها وفعاليتها في ايجاد الحل الأمثل أو تحسين الحل لمشكلة ما، ووفقًا لنظرية دارون يحتاج كل فرد إلى النضال من أجل البقاء وبالنسبة لأولئك الافراد الذين لديهم سمات وراثية "لياقة" سيكون أمامهم فرصة أكبر للبقاء على قيد الحياة مقارنة مع الآخرين وهذا يسمى (الانتقاء الطبيعي)، والذي يسعى لنقل الصفات الوراثية العظيمة إلى الجيل التالي، وبعد أجيال عدة سوف تصبح هذه الصفات الوراثية سائدة بين المجتمع الذي نشأ على أساس "البقاء للأصلح أو الافضل" (Sabri, 2011: 4-6)، أما (Mohammed, 2014: 39-45) فقد صور خطوات مراحل الخوارزمية الجينية عبر المخطط الموضح في الشكل رقم (2)



الشكل (2): يوضح خطوات ومراحل الخوارزمية الجينية

Source: Mohammed, Safa'a Sabry, (2014), Optimal Design of Sewer Networks Using Genetic Algorithm, A Thesis Submitted to the Council of the College of Engineering of the University of Kerbala, Iraq, p.p40.

يلاحظ من الشكل رقم (2) أن (GA) تبدأ بتوليد مجموعة أولية من الكروموسومات من المجتمع (الآباء) وتحديد دالة الهدف وتقييم الكروموسوم على أساسها، وبعدها سيتم اختيار الكروموسومات من هذا التقييم، بعد ذلك سيتم تطبيق عامل (GA) على الكروموسومات التي تم

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

اختيارها لإنشاء كروموسومات جديدة (الطفرة) واستبدل الأفراد الأوليين بالمجموعة الجديدة، وتكرر هذه العملية حتى يتم تكوين المجتمع الافضل.

المحور الثالث: الإطار الميداني[1]

يتناول هذا المحور وصف الميدان المبحوث للبحث الحالي وعرض نتائجه وتحليلها ومناقشتها، وكما يأتي:

أولاً. وصف الميدان المبحوث: شركة الصناعات الخفيفة هي إحدى شركات القطاع المختلط التي تأسست عام (1959) وتقع ادارة الشركة في الزعفرانية في بغداد (المنطقة الصناعية)، وتبلغ مساحتها حوالي (283000) متر مربع أي (36) دونم، كما يبلغ عدد العاملين فيها (251) فرداً، ويوجد فيها ثلاث معامل تنتج مجموعة مختلفة من المنتجات، **معمل الثلاجات والعارضات**، و**معمل المجمدات**، وكذلك **معمل المدافئ والطباخات**.

ثانياً- وصف المراحل الانتاجية في الميدان البحوث: سيتم في هذه الفقرة وصف سير المراحل والعمليات الانتاجية لكل من المجمدة والعارضة الأفقية، وكما مبين في الجدولين رقم (3) ورقم (4):

الجدول (3): وصف المراحل الانتاجية التي تمر بها المجمدة

تسلسل المرحلة	رمز المرحلة	وصف مرحلة العمل	عدد العمال	الوقت بالدقيقة
1	Ma1	عمل هيكل الباب (سمكرة)	2	2
2	Ma2	عمل هيكل المجمدة (سمكرة)	2	3
3	Ma3	عملية غسل الهيكل والباب في احواض خاصة (في معمل العارضات)	2	2
4	Ma4	صباغة الباب والهيكل	2	9
5	Ma5	عمل ظهر وأسفل المجمدة وكعب الفريز	2	4
6	Ma6	تجميع الباب	2	6
7	Ma7	عمل اجزاء الفريز وتجميعها	4	11
8	Ma8	تجميع الهيكل مع الفريز	3	6
9	Ma9	حقن الباب والهيكل بالفوم	2	9
10	Ma10	تطبيق الهيكل مع الباب	6	10
11	Ma11	تركيب ولحام انابيب الكمبريسر	6	12
12	Ma12	التفريغ والشحن	4	4
13	Ma13	الفحص النهائي	2	9
14	Ma14	التغليف والنقل	8	10
المجموع			47 عامل	97 دقيقة

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة.

أما الجدول رقم (4) فيصف المراحل الانتاجية التي تمر بها العارضة الأفقية

[1] المصادر:
- سجلات الشركة والكراس التعريفي لها.
- سجلات الإنتاج والمبيعات والحسابات الختامية لعام 2019
- الملاحظات الشخصية للباحثين.
- المقابلات التي أجراتا الباحثين مع المعنيين.

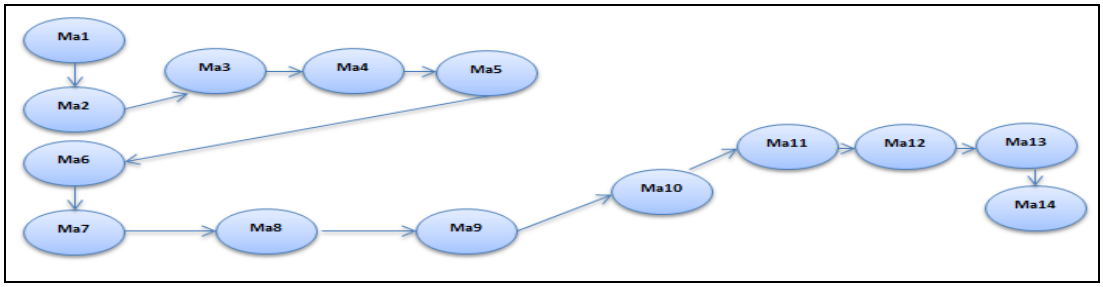
Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

الجدول (4): وصف المراحل الانتاجية التي تمر بها العارضة الأفقية

تسلسل المرحلة	رمز المرحلة	وصف مرحلة العمل	عدد العمال	الوقت بالدقيقة
1	Mb1	عمل هيكل الباب والعارضة (السمكرة) مع التنظيف	6	17
2	Mb2	حقن البلاستيك	2	6
3	Mb3	تجميع الهيكل مع البلاستيك	6	20
4	Mb4	حقن الفوم (في معمل المجمدات)	2	9
5	Mb5	التجميع الثانوي	6	12
6	Mb6	التجميع مع اللحام	6	22
7	Mb7	التفريغ والشحن	4	10
8	Mb8	الفحص والسيطرة	2	10
9	Mb9	التغليف والنقل	8	9
المجموع			42 عامل	115 دقيقة

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة.

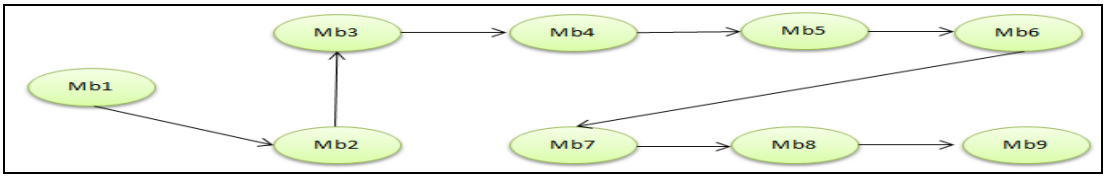
في حين يبين كل من الشكل رقم (3) ورقم (4) على التوالي المسارات التقنية للمراحل الانتاجية التي يمر بها المنتجين مجال البحث



الشكل (3): المسار التقني للمجمدة

تشير (Ma) الى المرحلة التي يمر بها المنتج (A).

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة.



الشكل (4): المسار التقني للعارضة

يشير الرمز (Mb) الى المرحلة يمر بها المنتج (B).

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة

أما الجدول (5) يبين المعلومات الرئيسة حول منتجي الشركة المبحوثة آنفي الذكر.

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

الجدول (5): المعلومات الرئيسة حول منتجي الشركة المبحوثة

المنتجات	المجمدة	العارضة الأفقية
الرمز	A	B
عدد الاجزاء الرئيسة	9	10
عدد المراحل الانتاجية	14	9
عدد العمال الكلي	47	42
متوسط اجر العامل شهرياً/دينار	400000	400000
الوقت الكلي للإنجاز/ دقيقة	97	115
الكلفة الكلية للإنجاز/دينار	475000	450000
حجم الدفعة/ يومياً	36	30
معدل الطلب/ يومياً	30	35
رمز الخلية الانتاجية	C1	C2

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على المقابلات الشخصية وسجلات الشركة المبحوثة.

ثالثاً. عرض نتائج البحث وتحليلها ومناقشتها: انسجاماً مع أهداف البحث الحالي وفي ضوء الأطر المعرفية التي قدمها، فقد عمدت الباحثين إلى تصميم أنموذج مقترح لتكوين خلية تصنيع في ظل بيئة ديناميكية في الشركة المبحوثة بتطبيق الخوارزمية الجينية باستعمال اللغة البرمجية (MATLAB, 2020) لتحقيق ذلك عن طريق البحث عن أفضل تكوين لخلية التصنيع (المسار التقني لتصنيع المنتج)، وكما يأتي:

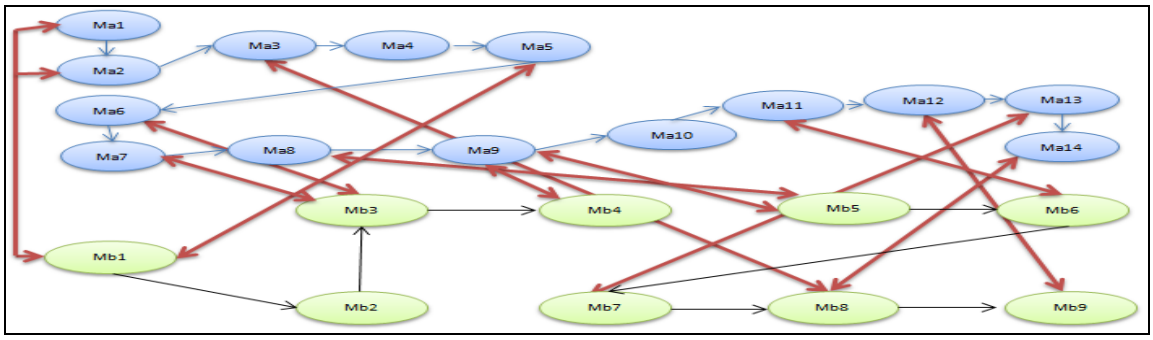
أولاً. خطوات تصميم البرنامج: جرى تصميم البرنامج على وفق المراحل الآتية:

أ. **تعريف المشكلة وتحديدها:** تساعد عملية إعادة تكوين الخلايا التصنيعية في تقليل الوقت العاطل والمناولة بين المحطات الانتاجية بهدف تقليل الكلف وزيادة الكفاءة الانتاجية وتحقيق أفضل تدفق في الخطوط الانتاجية.

وتتمثل مشكلة البحث الحالي في خط تصنيع **المجمدة والعارضة الأفقية** في عدم الاستغلال الأمثل للموارد والوقت بمعنى زيادة وقت مناولة المواد في محطات العمل، مما يؤدي إلى تراكم المواد وتعرض بعضها إلى التلف جراء عمليات المناولة والنقل وبدوره يؤدي إلى ارباك العمل وانخفاض كفاءة خط الانتاج فضلاً عن ارتفاع تكاليف النقل والمناولة وأجور العاملين، وللوقوف على هذه المشكلة لابد من عرض الواقع التفصيلي للمسارات التقنية التي تمر بها المنتجات المبحوثة، وكما جاء في الجداول رقم (3) ورقم (4) ورقم (5) سالفة العرض.

يلاحظ من الجدولين رقم (3) ورقم (4) ومن خلال والملاحظات الشخصية للباحثين في الشركة المبحوثة ان هناك تداخل في بعض المراحل الانتاجية لكل من المجمدة والعارضة، إذ إن مسار حركة الاجزاء وكما مبين في الشكل رقم (5).

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14



الشكل (5): المخطط الشبكي للتداخل بين المسارات التقنية للمنتجات (A وB)

يشير ⟷ إلى أن هذه المرحلة مشتركة في صنع المنتجات (A وB)

ويشر اللون الأزرق الى المنتج (A) والأخضر الى المنتج (B)

المصدر: من اعداد الباحثان.

ب. تحديد المدخلات (Input) والصيغة الرياضية لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي: إن صياغة النموذج الرياضي لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي في الشركة المبحوثة يجب أن تتفق مع قيود ومتطلبات الشركة ونظراً لخصائص مشكلة البحث الحالي، يصبح نموذج البرمجة الرياضية نموذجاً لبرمجة عدد صحيح، وتتمثل الوظيفة الموضوعية (دالة الهدف) لهذا الانموذج في تقليل (الكلف الاجمالية، مناولة المواد داخل الخلية، إعادة تكوين الخلية وكلف الإعداد) فضلاً عن تقليل المسافة والوقت الكلي للمسار التقني للخلية.

ج. تحديد المعادلات الخاصة بالكلف الكلية والوقت الكلي (المسافة الكلية): تم الاعتماد هنا على الصيغة الرياضية التي تعرف بمسألة سفر البائع (TSP)، إذ يعد (TSP) من المسائل العلمية في مجال بحوث العمليات وأحد فروع الأمثلية الذي يهدف إلى ايجاد الحل الأمثل من بين بدائل الحلول المتاحة، إذ يفترض هذا الانموذج ايجاد المسار الأقصر (الأمثل) للبائع المتجول عبر عدد (n) من المدن التي يزورها، وإن الصيغة الرياضية لها الانموذج تتطلب تحديد ثلاث عناصر أساسية **أولها** دالة الهدف والتي تبين الهدف المراد تحقيقه سواء كان (أقل مسافة ممكنة، أقل وقت ممكن، أقل كلفة ممكنة وغيرها من المقاييس)، أما العنصر **الثاني** فيتمثل في تحديد مجموعة من القيود وتعريفها بمعادلات (تضمن زيارة واحدة لكل مدينة)، في حين أن العنصر الأخير **الثالث** يتمثل بشرط (Hamilton) الذي يبين أن الحل الناتج يمثل مساراً متكاملاً (Yang et al., 2021: 372-373)، وفيما يأتي الصيغ الرياضية لعناصر الأنموذج المشار إليه:

دالة الهدف للكلف الكلية للمسار:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{n} Ci \quad (1)$$

قيد مجموع الكلفة لكل مسار (كروموسوم) في الخلية:

$$\sum_{j=1}^{i} cijxij = \text{ci} \quad (1-1)$$

دالة الهدف لتقليل الوقت الكلي للمسار:

$$\text{S.to} \quad Min\, Z = \sum_{i=1}^{n} Di \quad (2)$$

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

قيد مجموع الوقت لكل مسار (كروموسوم) في الخلية:

$$\sum_{j=1}^{i} Dij\ xij = \mathrm{Di} \quad (2-1)$$

قيد مجموع احتمالات الظهور لمتغير القرار للخلية:

$$\sum_{j=1}^{i} xij = 1 \quad (2-2)$$

شرط الاحتمال لمتغير القرار:

$$xij \in (0,1)$$

حيث ان:

Z دالة الهدف، n عدد المراحل، ij الوقت بين مدينة واخرى، Xij قيمة متغير القرار (0,1) أي تكون إما مساوية إلى الصفر أو الواحد

ثانياً. خطوات تطبيق الخوارزمية الجينية: وتتضمن ما يأتي:

أولا. خطوات ايجاد الأمثلية باستعمال الخوارزمية الجينية (GA) في برمجة لغة (MATLA):

سيتم في هذه الفقرة توضيح خطوات ايجاد الوقت والكلفة الأمثلين للمسار التقني لخلايا التصنيع (خط تصنيع المجمدة وخط تصنيع العارضة) بواسطة استخدام (GA) من خلال البحث عن أفضل تكوين للخلية (المسار التقني الامثل) وبالاعتماد على تقنية الدمج بين الوقت والكلفة باستخدام خوارزمية مسألة سفر البائع إذ تعدّ هذه التقنية مدخل جديد وفعال في ايجاد الوقت الأمثل والكلفة المثلى لإنجاز مختلف المشاريع باستعمال برمجة لغة (MATLAB) وتتلخص خطوات هذه الخوارزمية كالآتي:

الخطوة الاولى: توليد المجتمع الابتدائي او الأولي (Population Initial Generating): تم اختيار القيم الاولية (عدد الاجزاء الرئيسة، عدد المراحل الانتاجية، عدد العمال الكلي، متوسط اجر العامل شهرياً/دينار، وقت الكلي والجزئي للإنجاز/دقيقة، الكلفة الجزئية والكلية للإنجاز/دينار، حجم الدفعة/ يومياً) للمنتجات (A, B) لمسارات الخلايا الانتاجية (C1, C2) على التوالي وللفترتين (P1, P2) على التوالي كمجتمع ابتدائي للخوارزمية الجينية (انشاء مصفوفة الاوامر)، وبالاعتماد على هذه المصفوفة سيتم توليد عدد من المسارات للخلايا الانتاجية (توليد مجتمع) بالاعتماد على تلك القيم الاولية، إذ يتم توليد الكروموسوم الأول (المسار الاول) والمتكون من عدد من المراحل الانتاجية (الجينات) وقد تم التعبير عن هذه الكروموسومات بواسطة الترميز أو التشفير بالأرقام الصحيحة (رقم تسلسل المراحل الانتاجية) وكما مبين في الشكل رقم (6)

الكروموسوم الاول (المسار الأول)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

الكروموسوم الثاني (المسار الثاني)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

الشكل (6): تمثيل المسارات التقنية للمنتجات (A وB) بالكروموسومات

المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على الجداول رقم (12) ورقم (13).

وبهذه الطريقة تم توليد (7) من الكروموسومات (المسارات) والتي تمثل بمجموعها (المجتمع)

الخطوة الثانية: ايجاد قيمة اللياقة (value fitness): في هذه الخطوة يتم ايجاد قيمة اللياقة لكل كروموسوم الواردة في الخطوة الأولى آنفة الذكر وفق المعادلات الخاصة بتصميم نظام التصنيع

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

الخلوي الديناميكي والكلف الكلية والوقت الكلي (المسافة الكلية) رقم (1) ورقم (2) ورقم (3) سالفة الذكر على التوالي للبحث عن أفضل مسار للخلية وبأقل كلفة ممكنة، وكما مبين في الجدول رقم (6)

الجدول (6): المسارات (الكروموسومات) الجديدة مع الكلفة والوقت الكلي

تسلسل المسار/ الكروموسوم	عدد العقد في المسار	تسلسل العقد في المسار	الوقت الكلي/دقيقة $\sum Di$ للمسار	الكلفة الكلية/دينار $\sum Ci$ للمسار
1	10	Mb1- Ma2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma12- Mb7-Ma13- Ma14	91	466.000
2	11	Mb1- Ma2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma11-Ma12- Mb7-Ma13- Ma14	94	468.000
3	14	Ma1- Ma2- Ma3- Ma4-Ma6 - Ma8- Ma9- Ma10- Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13-Ma14	95	469.000
4	15	Mb1- Ma2- Ma3- Ma5- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11-Ma12- Mb7- Mb8-Ma13- Mb9	110	477.000
5	9	Ma1- Mb2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma12- Mb7- Ma14	90	465.000
6	13	Mb1- Ma2- Ma3-Ma4-Mb5- Ma6 –Mb7- Ma8- Ma9- Ma12- Mb7-Ma13- Ma14	92	463.000
7	12	Mb1- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Mb7- Mb8- Mb9	87	460.000
8	11	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Mb8- Mb9	102	472.000
9	8	Mb1-Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma10- Mb8- Ma14	90	465.000
10	10	Mb1-Ma2- Mb3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Mb8- Mb9	95	464.000
11	13	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Mb7- Mb8- Ma14	88	460.000
12	9	Mb1-Ma4- Ma6- Mb3-Mb4- Ma8- Ma11- Mb8- Ma14	92	463.000
13	15	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3-Ma7- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11-Ma12- Mb7-Mb8- Ma14	98	469.000
14	12	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4 - Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Mb7- Mb8- Mb9	105	478.000
15	11	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Mb8- Ma14	94	463.000
16	8	Mb1 -Ma6– Ma7 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8 - Mb9	89	466.000
17	14	Mb1–Ma3-Ma4-Ma5-Ma6– Ma7-Ma8-Ma9 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13-Ma14	99	476.000
18	10	Mb1-Ma3-Ma5 – Ma7 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Mb9	90	470.000
19	15	Ma1-Ma2 –Ma3-Ma4-Ma5-Ma6– Ma7-Ma8-Ma9 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Mb9	93	468.000
20	9	Mb1-Ma5 – Ma6 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Mb9	89	464.000
21	11	Ma1- Ma2- Ma3-Ma4- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma11- Mb7-Ma13- Ma14	88	460.000
22	13	Mb1- Ma2- Ma3-Ma5- Mb6 - Ma8- Ma9- Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Ma14	105	473.000
23	8	Mb1 -Ma5– Ma6 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8 - Mb9	90	465.000
24	12	Mb1- Ma2- Ma3- Ma7 - Ma8- Ma9- Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Mb9	110	470.000
المجموع			2267	11214

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على برنامج الخوارزمية الجينية الملحق (3).

نستنتج من الجدول رقم (6) أن عدد المسارات المتولدة (24) مسار (أي 24 كروموسوم) والتي تمثل المجتمع الاولي (الحلول الممكنة) والتي سيجري عليها عملية الانتقاء في الخطوة الآتية:

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

الخطوة الثالثة: اختيار أو انتقاء الكروموسومات الآباء (parents): يتم في هذه الخطوة اختيار الكروموسومات الآباء (المسارات) التي تقابل أعلى قيمة مفاضلة (fitness value) وأن أداة التقييم في هذه الخطوة تستهدف التخفيض (minimize) أي تفضل الكروموسومات التي لديها أقل قيم احتمالية، وذلك اعتماداً على الخطوة الثانية وباستخدام طريقة الانتقاء (عجلة الروليت) لإيجاد قيم الاحتمالية (p) لكل كروموسوم (مسار) وكما مبين في الجدول رقم (7) عن طريق تطبيق المعادلات الآتية:

$$PCi = \frac{Ci}{\sum Ci} \quad (3)$$

$$PDi = \frac{Di}{\sum Di} \quad (4)$$

$$Pi = \frac{PCi + PDi}{2} \quad (5)$$

الجدول (7): القيم الاحتمالية للمشاركة لكافة الكروموسومات (المسار) في المجتمع الابتدائي

تسلسل المسار	القيم الاحتمالية للوقت PDi	القيم الاحتمالية للكلفة PCi	القيم الاحتمالية للمسار Pi
1	0.039982	0.041555	0.06076
2	0.041301	0.041734	0.062168
3	0.04174	0.041823	0.062652
4	0.04833	0.042536	0.069598
5	0.039543	0.041466	0.060276
6	0.040422	0.041288	0.061066
7	0.038225	0.04102	0.058735
8	0.044815	0.04209	0.06586
9	0.039543	0.041466	0.060276
10	0.04174	0.041377	0.062429
11	0.038664	0.04102	0.059174
12	0.040422	0.041288	0.061066
13	0.043058	0.041823	0.06397
14	0.046134	0.042625	0.067447
15	0.041301	0.041288	0.061945
16	0.039104	0.041555	0.059882
17	0.043497	0.042447	0.064721
18	0.039543	0.041912	0.060499
19	0.040861	0.041734	0.061728
20	0.039104	0.041377	0.059793
21	0.038664	0.04102	0.059174
22	0.046134	0.042179	0.067224
23	0.039543	0.041466	0.060276
24	0.04833	0.041912	0.069286

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على المعادلات (4) و(5) و(6)

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

نلاحظ من الجدول رقم (7) أن المسار (4) والمسار (24) حصلا على أعلى قيمة احتمالية للمشاركة في الجيل اللاحق والبالغة (0.069598) و(0.069286) على التوالي، وعلى أساس هذه النسب نقوم باختيار الكروموسومات الآباء لإجراء عملية التقاطع في الخطوة الآتية:

الخطوة الرابعة: اجراء عملية التقاطع (Crossover): تتم عملية التقاطع بعد تحديد الكروموسومات التي تمتلك أعلى نسبة احتمالية ظهور في المجتمع الابتدائي في الخطوة الثالثة، وبما أن المسار (4) في الخطوة السابقة (الثالثة) تقدم وحصل على أعلى قيمة احتمالية للمشاركة مقارنة بالمسار (24) فأنه سيتم انتقاءه للتقاطع مع بقية المسارات الأخرى في المجتمع وباستعمال طريقة الدمج أو التهجين بنقطة واحدة وكما مبين أدناه:

الكروموسوم (4) الأب الأول

Mb1	Ma2	Ma3	Ma5	Ma6	Mb3	Ma8	Ma9	Ma10	Ma11	Ma12	Mb7	Mb8	Ma13	Mb9

الكروموسوم (24) الأب الثاني

Mb1	Ma2	Ma3	Ma7	Ma8	Ma9	Ma11	Ma12	Mb7	Mb8	Ma13	Mb9

الكروموسوم الجديد الأول

Mb1	Ma2	Ma3	Ma5	Ma6	Ma7	Ma8	Ma9	Ma10	Ma11	Ma12	Mb7	Mb8	Ma13	Mb9

الكروموسوم الجديد الثاني

Mb1	Ma2	Ma3	Mb3	Ma8	Ma9	Ma11	Ma12	Mb7	Mb8	Ma13	Mb9

وهكذا يتم التقاطع مع بقية المسارات وان أي مسار يتولد بعد التقاطع لا يتم إضافته الى الجيل الجديد إلا إذا كان يحقق شروط التوقف التالية:

1. عدم تكرار العقد.
2. يؤدي إلى عقدة الهدف.
3. ألا يتجاوز عدد العقد عن (16) عقدة.
4. ألا يتجاوز وقت كل مسار(120) دقيقة.
5. أن تراعى الأسبقيات وتسلسل المراحل، مع قبول الكروموسومات (المسارات) الأقوى الجديدة والاحتفاظ بالمسارات للآباء الأعلى جودة تجنباً أن تكون المسارات الأبناء غير صالحة.

الخطوة الخامسة: إجراء الطفرة (Mutation): تتم عملية تطبيق عامل الطفرة في (GA) عن طريق اختيار عقدة معينة ضمن أحد الكروموسومات المختارة عشوائيا وتحريكها بشكل عشوائي داخل الكروموسوم نفسه أو إزاحة بعض العقد الواقعة بين عقدة البداية وعقدة الهدف، على سبيل المثال إذا أخذنا الكروموسوم الأول في الجدول رقم (15) والمتمثل بالمسار الآتي:

(Mb1- Ma2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma12- Mb7-Ma13- Ma14)

نلاحظ أن العقدة (Mb1) والتي تمثل مرحلة السمكرة إحدى مراحل انتاج المنتج (B) وتتضمن كل من عمليات (السمكرة، القص، التشكيل، الاسناد، التثقيب، التقطيع) والتي يمكن أن تحل محل المراحل (Ma2- Ma3) الخاصة بالمنتج (A) والتي تتضمن عمليات (السمكرة، التشكيل، التثقيب، التقطيع)، ولتوضيح ذلك يتم إجراء عملية الطفرة على هذا المسار بإحداث تغيير مفاجئ فيه عن طريق إزاحة المراحل الانتاجية (Ma2- Ma3) وهذا سيقلل من الوقت والكلفة الكلية ونتيجة لذلك يتولد كروموسوم جديد (مسار جديد) قريب إلى الحل الأمثل (المسار الأفضل) وأن هذا الكروموسوم الجديد لا يقع ضمن الجيل الحالي وكما مبين أدناه:

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

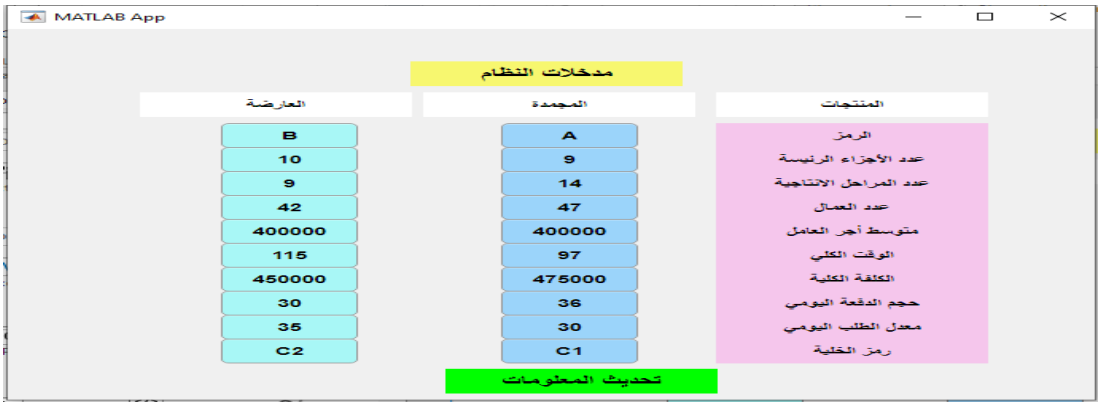
المسار (1): الأب قبل إجراء الطفرة:

Mb1	Ma2	Ma3	Ma6	Ma8	Ma9	Ma12	Mb7	Ma13	Ma14

المسار (1): الأبن بعد الطفرة

Mb1	Ma6	Ma8	Ma9	Ma12	Mb7	Ma13	Ma14

الخطوة السادسة: تطبيق (GA) يتم في هذه الخطوة تطبيق (GA) باستخدام برمجة لغة (MATLAB) بإصدار (2020) وبالاعتماد على الصيغة الرياضية للمعادلات (1) و(2) و(3) سالفة الذكر الخاصة بتصميم نظام التصنيع الخلوي الديناميكي والكلف الكلية والوقت الكلي (المسافة الكلية) لإيجاد الامثلية في تكوين المسار (الخلية) ومن ثم إعادة تنفيذ وتكرار الخطوات السابقة من الثانية إلى السادسة آنفة الذكر لمائة جيل وبوقت تنفيذ يقدر بـ (10-40) ثانية إلى أن تحققت شروط التوقف لـ (GA) التي سبق وأن أشرنا إليها –في الخطوة الرابعة-، ويمثل الشكل رقم (7) مدخلات برنامج (GA):



الشكل (7): مدخلات برنامج تطبيق الخوارزمية الجينية

المصدر: من إعداد الباحثان في ضوء برنامج (GA)

وتمثلت نتائج تطبيق (GA) في برمجة لغة (MATLAB) وكما موضح تفاصيله بالملحق (3) في أدناه تحديداً:

########################## before crushing ############ duration of finsh the production 212: Cost = 925000 Number of Workers = 89 The number of production stages = 23 Average wage of workers per month = 35.600000 path1: ma1-ma2-ma3-ma4-ma5-ma6-ma7-ma8-ma9-ma10-ma11-ma12-ma13-ma14 **Path2**: mb1-mb2-mb3-mb4-mb5-mb6-mb7-mb8-mb9 ##after crushing###############

duration of finsh the prodution:87 Cost = 460.000

Number of Workers = 49

The number of production stages = 12

Average wage of workers per month = 35.600000

path mp1-ma3-ma4-ma6-mb3-ma8-ma9-ma10-ma11-mb7-mb8-mb9

>>

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, (30/6/2022); Vol. 18, No. 58, Part (2): 235-255
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.18.58.2.14

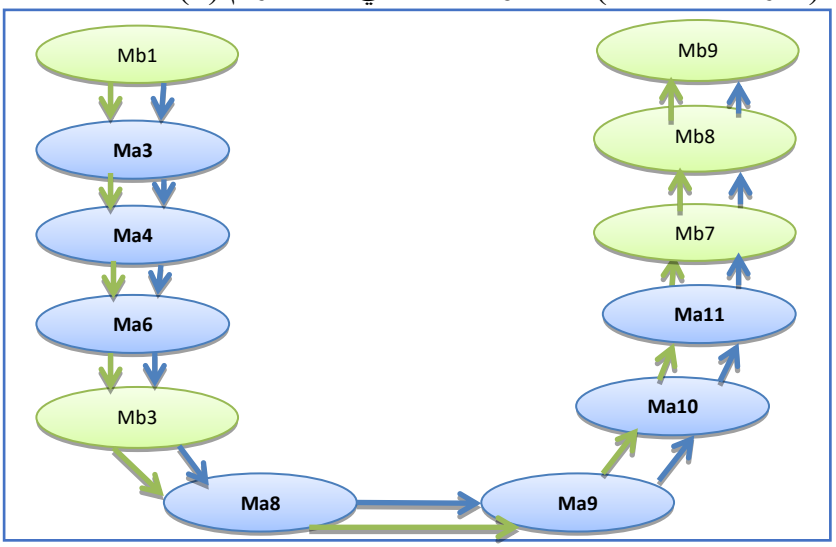
ويبين الجدول رقم (8) مقارنة مقاييس نتائج تطبيق (GA) في برمجة لغة (MATLAB) مع بيانات الواقع الفعلي في الشركة المبحوثة

الجدول (8): مقارنة مقاييس نتائج تطبيق (GA) مع بيانات الواقع الفعلي في الشركة المبحوثة

المقاييس للمنتجات (A,B)	اسلوب الشركة	الخوارزمية الجينية	الفجوة الإيجابية
عدد المراحل	23	12	11
عدد العمال	89	49	40
متوسط أجر العمال/ دينار	35.600000	19.400000	16200000
الوقت الكلي/دقيقة	212	87	125
الكلفة الكلية/دينار	925000	460000	465000
حجم الدفعة/يومي	66	65	1
الطلب/يومي	65	65	0

المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج (GA) الملحق (3).

وبينت نتائج تطبيق (GA) ان الكروموسوم الامثل (المسار الخلوي الأمثل) الناتج يتمثل بتسلسل العقد (المراحل الانتاجية) الآتية وكما مبين في الشكل رقم (8):



الشكل (8): الأنموذج المقترح للمسار الخلوي لـ (DCMS) الناتج من تطبيق (GA)

يشير ← الى المنتج (A) و← الى المنتج (B)

المصدر: اعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج تطبيق (GA)

رابعاً. تفسير نتائج تطبيق (GA): يلاحظ مما تقدم أنه تم التوصل لبناء انموذج مقترح يعكس الواقع الافتراضي لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي في الشركة المبحوثة من خلال (GA)، فالشكل رقم (8) يبين أن المسار الخلوي لـ (DCMS) قد جمع المراحل المشتركة في انتاج المنتجات (A وB) ليصبح لدينا خلية تصنيع يمكنها ان تصنع منتجين مختلفين بمواصفات معينة ومتشابهين في مواصفات أخرى، وهذا سيوفر العديد من المزايا قد يكون أهمها الاستفادة من ذلك في أنه أصبح من الممكن إجراء بعض التعديلات على تصاميم كلا المنتجين باستغلال هذه المراحل المشتركة بينهم لمواكبة حاجات ورغبات الزبون المتغيرة والمتنوعة في ظل قصر دورة حياة المنتج والبيئة الديناميكية التي تعمل بوسطها الشركة المبحوثة، فضلاً عن المزايا المبينة في الجدول رقم (8).

إذ يوضح أن عدد المراحل اللازمة لإنتاج كلا المنتجين (A وB) في المسارات الأصل كانت (23) مرحلة بينما في المسار الجديد أصبحت (12) مرحلة مما يوفر العديد من الفوائد منها (تقليل المسافة، تقليل المناولة، تقليل كلف المناولة، تقليل الجهد، تحسين الرقابة على الخط الانتاجي، تحسين الجودة، استبعاد الآلات المكررة، تقليل كلف الصيانة، تحسين تدفق المواد، تقليل الوقت الضائع، تقليل وقت إعداد الآلة، تقليل الوقت اللازم للإنتاج، الاستخدام الأمثل للموارد المادية والبشرية، تقليل الهدر)، كما أن عدد العمال المطلوب لإنتاج هذه المنتجات في المسارات الأصل كان (89) عامل وفي المسار الجديد يبلغ العدد (49) عامل وهذا سيوفر الكثير من كلف اليد العاملة والتي كانت تبلغ (35.600000) دينار في حين بلغت في المسار الجديد (19.400000) دينار والذي يسهم في تقليل الكلف الكلية وزيادة أرباح الشركة، أما الوقت الكلي المطلوب لإكمال المنتجين (A وB) كان سابقاً (212) دقيقة وفي المسار الجديد أصبح (87) دقيقة والذي يساعد الشركة تسليم المنتجات في الوقت المحدد وإرضاء الزبون.

في حين بلغت الكلف الكلية في المسارات الأصل لكلا المنتجين (925000) دينار وأصبحت في المسار الجديد (460000) دينار وهذا ما تسعى اليه جميع الشركات الصناعية، كما يشير الجدول رقم (17) إلى عدم تساوي حجم الدفعة والطلب اليومي في المسارات الأصل، إذ أن معدل انتاج الشركة للمنتج (A) يبلغ (36) في حين أن حجم الطلب (30) وهذا سيزيد من حجم الخزين وكلف الاحتفاظ بالخزين فضلاً عن استغلال مساحة أكبر في الشركة، بينما أن معدل انتاج الشركة للمنتج (B) بلغ (30) في حين ان حجم الطلب (35) ويؤدي ذلك الى التأخير في تسليم المنتج إلى الزبون وعدم القدرة على الوفاء بالوعود مما يؤثر على سمعة الشركة، وهذا ما عالجه المسار الخلوي الجديد لـ (GA) الذي ساوى بين حجم الدفعة والطلب اليومي لكلا المنتجين.

بعبارة أخرى ساهمت الخوارزمية الجينية بشكل كبير وفعال في إيجاد المسار الخلوي الأمثل لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي وتقليل كل من الوقت الكلي والكلفة الكلية للإنتاج وبالتالي تحقيق أهداف الشركة المبحوثة وزيادة أرباحها للمنتجين مجال اهتمام البحث الحالي.

المحور الرابع: الاستنتاجات والمقترحات

يعرض هذا المبحث ما أفضت اليه نتائج البحث من استنتاجات ومقترحات مقدمة من قبل الباحثين لإدارة المعامل المبحوثة وكما يأتي:

أولاً. الاستنتاجات:

1. يلاحظ أن (GA) لها القدرة على تقديم مخطط دقيق لتسلسل مراحل العملية الانتاجية وموقعها وهذا ما يساعد على تحقيق أهداف (DCMS) الذي يسعى لتقليل المسافة بين الخلايا الانتاجية وبالتالي تقليل الوقت اللازم للإنتاج وعدد مرات المناولة فيها، مما يؤدي تقليل التكاليف الإجمالية لمناولة المواد بين الخلايا.
2. إن معامل الشركة لديها العديد من المشكلات التي تخص المسار التقني للمراحل الانتاجية، كون إن بعض المنتجات كالمجمدة والعارضة الأفقية تشترك في مراحل انتاجية عديدة لها على اختلاف مواقعها وهذا كان أحد الاسباب الرئيسة لارتفاع تكاليف النقل والمناولة فضلا عن تكاليف العمال.
3. تمتلك الشركة المبحوثة مستوى مناسب من مقومات اعتماد نظام التصنيع الخلوي الديناميكي، كون ان طبيعة عمل معاملها تتوافق مع طبيعة متغيرات الدراسة الحالية فخطوطها الانتاجية تتخذ مساراً خلوياً.

4. ساهمت الخوارزمية الجينية بشكل كبير وفعال في ايجاد المسار الخلوي الأمثل لنظام التصنيع الخلوي الديناميكي وتقليل كل من الوقت الكلي والكلفة الكلية للإنتاج وبالتالي تحقيق أهداف الشركة المبحوثة وزيادة أرباحها.

ثانياً. المقترحات:

1. يوصي الباحثان بدعم الشركات الصناعية العراقية ومنها الشركة المبحوثة للنهوض بواقعها الصناعي وايلاء الاهتمام بتطبيق أنظمة التصنيع الحديثة فيها وتأشير الأهمية الاقتصادية لاستخدام مثل هذه الأنظمة في تحسين الانتاجية وزيادة الأرباح فضلاً عن تعزيز القدرة التنافسية في ظل التطورات السريعة في البيئة الصناعية.

آليات التنفيذ:

- ❖ تقديم دعم مادي كبير من قبل الجهات المختصة للنهوض بواقع الشركة المبحوثة كونها تمتلك بنية تحتية متميزة لما تملكه من آلات ومعدات وخبرة عامليها وقدرتها على تقديم منتجات متميزة.
- ❖ تزويد الشركة المبحوثة بالأفكار الجديدة والأساليب الحديثة التي تساعدها في رفع كفاءتها الانتاجية وتشجيعها على اعتمادها.

2. يقترح الباحثان على إدارة الشركة المبحوثة تغيير نظام التصنيع الخلوي المعتمد فيها الى نظام تصنيع خلوي ديناميكي لتحقيق الفوائد الكاملة لفلسفة (GT) ومن خلال تطبيق الأنموذج المقترح للدراسة الحالية.

آليات التنفيذ:

- ❖ توفير الأسس النظرية والتطبيقية لكل من (نظام التصنيع الخلوي الديناميكي، تخطيط الانتاج، الخوارزمية الجينية).
- ❖ توضيح تلك الأسس للعاملين في الشركة المبحوثة من خلال تدريبهم وتأهيلهم على كيفية عملها وتطبيقها.

المصادر

أولاً. المصادر العربية:

1. ثابت، همسة معن محمد، 2012, استخدام التقنيات الذكائية في حل بعض النماذج الاقتصادية، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، مجلد 1، العدد 21، العراق.

2. واغد، محمد، 2017، تكييف الخوارزمية الجينية في البحث عن أفضل أنسب مسار من منظور المسافة والزمن، رسالة ماجستير منشورة في تخصص انظمة موزعة وذكاء اصطناعي، كلية العلوم الدقيقة/ قسم الاعلام الآلي، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي.

ثانياً. المصادر الأجنبية:

1. Aghajani-Delavar, N., Mehdizadeh, E., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Haleh, H., 2020, A multi-objective vibration damping optimization algorithm for solving a cellular manufacturing system with manpower and tool allocation, Journal Archive Scientia Iranica, Vol., 3, No., 2, 2200-3256
2. Al-Mustfa, R., Fattouh, A., & Hashim, W. A., 2012, Robust Coordinated Design of Power System Stabilizer and Excitation System Using Genetic Algorithm to Enhance the Dynamic Stability of Al-Zara Thermal Power Station Generation in Syria, Journal of King Abdulaziz University: Engineering Sciences, Vol., 23, No. 1, 59-81 .

3. Dhayef, D. H., 2016, Computer Aided Group Technology Technique for Optimal Scheduling Plan in Production Environment, PhD Thesis published, University of Technology .
4. Ferrari, G., & Corinna, A., 2018, Application of an AGV system for material handling to a cellular manufacturing environment: the Valeo case, Master's Thesis, Italy University).
5. Goldberg, David E., (1976), Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley publishing company, Inc., ALABAMA, p.p 2 Sabri.
6. Gürsel A. Süer, 2018, Cellular Manufacturing Systems: Recent Developments, Analysis and Case Studies, ISE Department, Journal Ohio University, Vol., 6, No.,1,1-14.
7. Ísaksdóttir, G. J., & Reynisdóttir, S. R., 2016, Impact of cellular manufacturing and lean production planning and control on production flow efficiency in a SME-A case study in the protective and security industry, Published master's thesis, Department of Technology Management and Economics, Chalmers University of Technology.
8. Khamlichi, H., Oufaska, K., Zouadi, T., & Dkiouak, R., 2020, A Hybrid GRASP Algorithm for an Integrated Production Planning and a Group Layout Design in a Dynamic Cellular Manufacturing System, Journal IEEE Access, Vol.,8, No.,2, 162809-162818.
9. Mohammed, Safa'a Sabry, (2014), Optimal Design of Sewer Networks Using Genetic Algorithm, A Thesis Submitted to the Council of the College of Engineering of the University of Kerbala, Iraq, p.p40.
10. Nouri, Houshyar, A., Leman, Z., Pakzad, H., Ariffin, M. K. A. M., Ismail, N., & Iranmanesh, H, 2014, Review on dynamic cellular manufacturing system, Journal Advanced Science Letters, Vol.,20, No.,12, 2309-2312.
11. Özkan, Ö., 2010, Group technology and cellular manufacturing with artificial neural networks, Doctoral dissertation, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
12. Paydar, M. M., Saidi-Mehrabad, M., & Kia, R., 2013, Designing a new integrated model for dynamic cellular manufacturing systems with production planning and intra-cell layout, International Journal of Applied Decision Sciences, Vol., 6, No., 2, 117-143 .
13. Sadeghi, A., Suer, G., Sinaki, R. Y., & Wilson, D., 2020, Cellular Manufacturing Design and Replenishment Strategy in a Capacitated Supply Chain System: A Simulation-Based Analysis, Journal Computers & Industrial Engineering, Vol.,141, No.,2, 1-22.
14. Shafiee, Gol, S., & Kia, R., Kazemi, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Darmian, S. M, 2021, A mathematical model to design dynamic cellular manufacturing systems in multiple plants with production planning and location–allocation decisions, Journal Soft Computing, Vol., 25, No., 5, 3931-3954.
15. Sharma, V., & Gidwani, B. D., 2020, A Survey on the Status of Cellular Manufacturing System Implementation in Indian Manufacturing Industries, Journal of Production Research & Management, Vol., 9, No., 3, 1-18.